基于BIM技术的公共建筑能耗分析监测系统设计

王牡丹[1]　祝宇阳[2]　吴媛民[1]

(1. 华中科技大学土木工程与力学学院,武汉　430074;
2. 武汉钢铁集团公司第三子弟中学,武汉　430080)

【摘　要】为推进我国建筑业节能的发展,改善大型公共建筑能耗量大的现状,对BIM技术在我国的应用现状进行综述。以某一公共建筑为研究对象,基于BIM技术的应用,运用建筑热环境模拟计算工具DeST软件对其分项能耗进行分析,得出其建筑热工性能、照明系统以及空调系统的节能统计结果,为能耗监测系统的设计提供方向。基于统计结果的分析可知该公共建筑整体能耗量大,需进行实时监测,因此从三方面设计了能耗监测系统的基本功能和系统架构,旨在构建可靠、高效、共享度高的能耗数据库,建立能耗监测、统计、公示平台,对推动BIM技术在建筑节能方向的应用具有一定研究作用和价值。

【关键词】公共建筑能耗;BIM技术;能耗分析;能耗监测系统
【中图分类号】TU17　【文献标识码】A　【文章编号】1674－7461(2017)01－0076－06
【DOI】10.16670/j.cnki.cn11－5823/tu.2017.01.13

引言

随着我国经济发展进程的加快,能源需求的不断增长与能源储量减少的矛盾日益凸显,节能成为了现阶段社会发展的现实选择之一。目前我国有5亿m^2左右的大型公共建筑,耗电量为70～300kwh/m^2一年,为住宅的10～20倍,是建筑能源消耗的高密度领域。调查结果表明,这类建筑能源浪费现象仍较严重,有很大的节能空间[1]。大型公共建筑作为我国能源产品的主要消费对象之一,是我国既有建筑节能管理的研究重点,其节能对于社会经济发展具有积极的现实意义。由于我国建筑节能管理尚未成熟,因此在实践过程中存在较多制度和技术的问题亟待解决[2]。

通过对大型公共建筑能耗进行分析,并基于分析结果设计能耗监测系统。以武汉国际博览中心为研究对象,应用BIM技术统计其建筑能耗数据,根据统计数据分析判断该展馆是否满足节能要求,同时分析得出建筑节能的管理方向。基于能耗分析结果,从系统功能和系统架构两方面设计能耗监测系统,对用能建筑、用能系统、主要用能设备进行监测,构建能耗数据库,建立能耗监测、统计、公示平台。能耗监测系统对设计可为当前建筑节能工作提供分析资料,为国家的节能发展提供有益参考,同时对推动BIM技术在建筑节能方向的应用具有一定研究作用和价值。

1　BIM技术应用概述

BIM(Building Information Modeling)技术是对工程项目实体与功能特性的数字化表达,是关于工程项目信息的共享知识资源,为工程项目全生命周期的各项决策提供可信的支持,是以三维数字技术为基础,集成了建设工程项目各种相关信息的工程数据模型。在美国国家BIM标准中指出,BIM是一个共享的知识资源[3]。BIM是近年来发展起来的新技术,它具有可视化、协调性、模拟性、优化性等特点,已经应用到建筑业的各个环节[4]。BIM技术为实现建筑各阶段和各参与方之间信息集成和共享

【作者简介】　王牡丹(1994－),女,硕士研究生,主要研究方向:工程管理。

提供技术支持,可解决“信息断层”和“信息孤岛”等问题,实现全生命期的建筑性能分析[5]。

BIM 技术目前在国内的研究主要集中于基础研究、建设设计与施工管理方面。2002 年,清华大学开发的 4D 施工管理扩展模型 4DSMM + + (4D Site Management Model + +),将建筑物及其施工现场 3D 模型与施工进度相链接,并与施工资源和场地布置信息集成一体[6]。赵昂以计算机辅助建筑节能设计为例,为 BIM 技术在建筑节能设计中的具体应用提供行之有效的理论、过程、方法及技术手段[7]。孙峻从业主方角度,探讨了 BIM 实施框架和流程,提出了设计主导模式、咨询辅助模式和业主自主模式,通过对比分析总结了各种模式的特点和适用情形,为业主方 BIM 实际应用提供借鉴[8]。李恒对比分析现有 BIM 应用模式的缺陷、效用及执行情况,确定了较为适用的 BIM 应用模式,即建设单位驱动的 BIM 应用模式,并基于此模式提出了相应的推广与改进建议[9]。

通过文献研究可知,现阶段我国 BIM 技术在建筑业的应用已取得较为广泛的研究。使用 BIM 技术能够对建筑业工作流程、协同工作的数据模型以及建筑从业人员在同一数据模型下的协同工作的规则进行重新定义。在建筑运营阶段,运用 BIM 技术对建筑能耗进行统计分析,可以定量地实现建筑运行性能的信息变现,以便于进行实时监控与节能管理[10]。在建筑节能方向上,由于我国在能耗分析方面的研究尚属初始阶段,能耗分析技术不够先进,在现阶段的建筑业发展背景下,将 BIM 技术运用于能耗分析是适应时代的发展趋势。

2 大型公共建筑分项能耗分析

广义的建筑能耗是指建筑的全寿命周期能能源消耗。本项目研究仅针对建筑运营期产生的能耗进行分析,即对建筑运营期采暖、通风、热水供应、空调、照明等进行模拟分析并计算其总能耗。结合 BIM 技术对展馆能耗进行统计,基于对统计结果的分析,为能耗监测系统提供设计方向。

2.1 建筑热工性能分析

考察建筑的整体热工性能的具体办法是采用“参考建筑”的节能评价方法。“参考建筑”即外形设计和几何尺寸与被评建筑完全一致,而围护结构满足建筑节能要求的建筑[11]。基于所给参考条件,分别计算出被评建筑和参考建筑全年 8760h 逐时需要的热量和冷量,并统计得出全年累计值。满足节能基本要求的条件为被评建筑的全年累计耗冷耗热量比参考建筑的小。基于此对项目中的公共建筑进行评审,判定其是否符合节能标准。

在本项目中,采用了清华大学建筑技术科学系自主研发的建筑热环境模拟计算工具 DeST 软件。将武汉国际博览中心(以下简称国博)的原始 BIM 模型导入 DeST,由 DeST 进行建模,如图 1 所示。

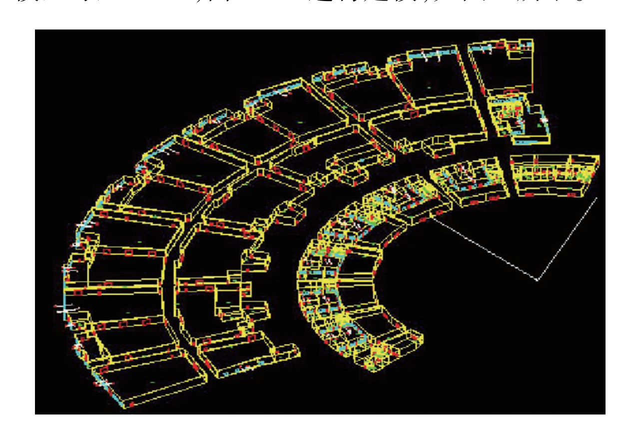


图 1 DeST 建模示例

在 DeST 中可以计算得国博(只取国博的 B1 ~ B6 建筑参与计算,下同)与参考建筑全年 8760h 的逐时负荷,统计可得全年累计耗冷耗热量如表 1 所示。

表 1 建筑全年累计耗冷耗热量

	累计耗冷量(GJ)	累计耗热量(GJ)	累计冷热量消耗(GJ)	国博与参考建筑累计冷热量消耗比
国博	456 487.7690	9 255.4798	456 743.2488	
参考建筑	580 070.5124	14 332.0738	594 402.5862	0.77

通过表中数据可知,国博与参考建筑的累计冷热量消耗之比为 0.77,即国博建筑比参考建筑的冷热量消耗低 23%,其中累计耗冷量的差异尤其大,表明其围护结构的整体热工性能高于参考建筑。结合节能评估的基本要求,可得出国博的围护热工性能评审满足节能要求。

2.2 照明系统分析

照明系统的节能评审是基于相同的照度条件,测算国博建筑的实际照明与系统功率各功能区域的照明功率密度均满足节能要求时建筑全体的照明系统功率,通过比较其功率大小进行判定。满足节能基本要求的条件为实际照明系统总功率不超

过根据节能要求确定的照明系统总功率。

利用分析软件 DeST 统计得出国博建筑全年实际照明总功率如图 2 所示。

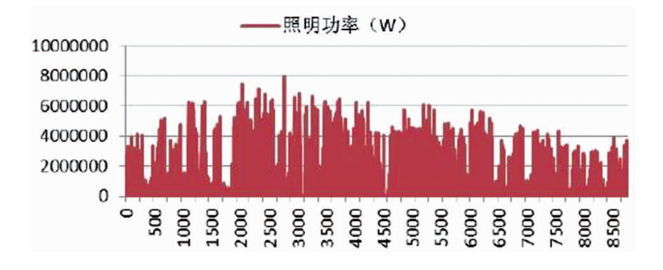


图 2　照明功率全年逐时统计图

建筑实际照明总功率与节能照明总功率分别为 6 403. 43MW、6 989. 73MW，由数据可知，国博的建筑实际照明总功率比节能照明总功率小，结合节能评估的基本要求，可得出其照明系统满足节能评审要求。

2.3　空调系统节能分析

合理的空调系统应避免采用超过节能标准规定的室内温湿度和人员新风量，空调系统的节能评审是分别计算并比较国博的建筑物全年累计耗冷耗热量与其空调系统全年累计耗冷耗热量的相对关系。满足节能基本要求的条件为国博的空调系统全年累计耗冷耗热量比其建筑物的全年累计耗冷耗热量小。

利用分析软件 DeST 计算得出建筑物全年累计耗冷耗热量和空调系统全年累计耗冷耗热量如表 2 所示。

表 2　建筑全年累计耗冷耗热量

	耗冷量/GJ	耗热量/GJ	累计耗冷量/GJ
建筑物	456 488. 78	49 703. 91	465 744. 53
空调系统	9 255. 75	102 744. 71	599 778. 62

由数据可知，国博的空调系统全年累计耗冷耗热量比其建筑物的全年累计耗冷耗热量大，因此不满足基本的节能要求。综上，通过分析建筑分项能耗统计结果可知国博系统整体能耗量大，有必要进行实时监测，建议安装建筑能耗监测系统。

3　能耗监测系统设计

3. 1　能耗监测系统概述

能耗监测系统基于以下三方面进行建立：一是建立建筑能耗数据库，对公共建筑产生的能耗情况实施动态监测，对监测结果进行远程传输以实现数据同步管理；二是对能耗数据进行分项计量统计；三是采取强制能源审计，对现有公共建筑不足之处进行改造。

基于单体建筑的能耗监测平台是对建筑的耗电系统、设备进行分类、分项、分设备计量，并实现在线监测、实时计量、及时汇总、分项分设备动态发布能耗信息[12]，提高建筑的能源管理水平需对能耗系统进行精细化管理[13]。能耗监测系统以内部局域网为传递媒介，对公共建筑内的用能设施和设备进行监测，基于监测数据的结果建立能耗监测、统计、公示平台。

3. 2　能耗监测系统架构

监测系统以计算机、通讯设备、测控单元为主要架构，依据实际情况灵活采用现场总线、光纤环网或无线通讯的单种或组合的组网方式，以此作为建筑能耗数据实时采集和远程管控的基础平台，与检测设备结合形成监控系统[14]。开放性、网络化、单元化、组态化地采用面向对象的分层、分级、分布式智能一体化结构。

3. 2. 1　逻辑结构设计

能耗监测系统逻辑结构的设计主要划分为三层：站级管理层、网络通讯层和现场设备层，如图 3 所示。

以站级管理层为最高层，系统管理人员为对象，主要包括人机交互软件和硬件设备。站级管理层的功能即对现场采集的数据进行处理和分析，并以图像、报表和动画的形式对信息进行表达。

网络通讯层为中间层，是数据信息传输的桥梁，主要包括通讯管理机、以太网设备及总线网络。网络通讯层的功能是对现场采集信息进行分类和传送，并将上位机的控制指令传达至现场设备。

现场设备层为最基层，是数据采集终端，直接安装在建筑内部。现场设备层的功能是通过测量仪表收集实时数据，需保证采集数据的完整性、真实性和及时性。

3. 2. 2　功能结构

能耗监测系统主要包括能耗在线监测、实时对标计算、实时统计分析、实时数据库、能耗在线采集终端设备以及能耗计量表五大功能结构，功能结构图如图 4 所示。

3. 3　能耗监测系统功能

能耗监测系统需实时反馈出公共建筑内所有

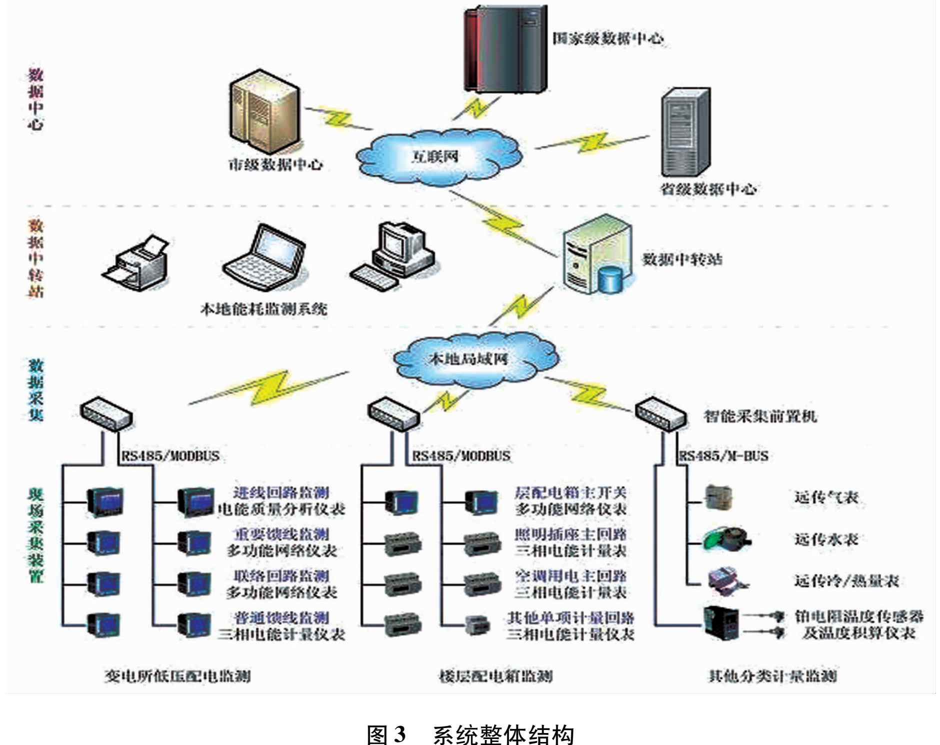


图 3　系统整体结构



图 4　系统功能结构图

用能系统的能耗情况,管理人员可依据监测结果对节能管理方案及时进行调整。能耗监测系统还应具备远程连接功能,可将建筑的能耗状态与数据实时传递至上一级相关管理部门,为公共建筑的节能管理提供数据支持[15]。

构建的能耗监测系统的功能除了监测、统计、分析等基本功能外,还应具备远程传输功能,具体功能介绍如下:

(1)电力系统状态监控功能

系统通过能源工作站实现供电线路拓扑图编辑以及各节点的状态监控,包括电表和电能采集模块的通信状态监控、实时参数展示,以及开关和断路器状态监控等。系统可通过与拓扑图的关联实现建立电力监控 SCADA 系统、断路器的开关和变压器分接档位控制等功能。并可对供电系统进行管理和调度,与节能管理方案结合对实现建筑节能。

(2)能源设备状态监控功能

系统通过能源操作站建立能源设备监控 SACA-DA 系统,包括地源热泵系统状态监控、供暖(冷)系统状态监控、燃气锅炉系统状态监控、太阳能(风能)系统状态监控和水泵变频系统状态监控,并依据图形化的组态界面将工艺流程与状态数据进行关联,实现监控画面的直观性表达。系统还提供变频器手(自动)控制、阀门控制、开关控制能功能,并支持控制逻辑编辑,实现对设备的远程控制。

(3)远程采集参数配置功能

系统通过能源操作站上内置的 QTouch 配置环境配置现场 HP45T11 能耗采集器的串口采集参数、

数据上报参数、分类分项参数和各种运算参数，还可以配置 Solid Pas 实时数据库的数据采集参数、变量参数、服务参数，保证所有关键能源采集设备管理的远程性和集中性。

(4)能耗排名显示功能

系统可基于不同的能耗类型对各个耗能点的能耗值进行排序，并以柱状图的形式显示其能耗值。

(5)能耗趋势分析功能

系统可基于内部数据库的统计信息对用能趋势进行分析，并以趋势图表形式进行表达，包括时趋势、天趋势和月趋势三类。时趋势分析以小时为单位，可显示任意 24 小时的能耗趋势。天趋势分析以天为单位，可显示任意 30 天的能耗趋势。月趋势分析以月为单位，可显示任意 12 月的能耗趋势。

(6)能耗统计分析功能

系统统计可基于不同时段划分方式，按年、季、月、日进行能耗统计，依据用能情况提供统计报表。系统还可基于不同分项能耗进行统计，根据不同分项能耗提供统计报表，包括照明、空调、动力设备以及特殊用电。

(7)能耗数据查询功能

查询功能即用户可对系统内任意时间、时段的能耗监测数据进行查询。

(8)能耗指标管理功能

通过采用数据动态分析技术，对各用电单元的能耗数据进行分类实时提取和处理计算，并将其与输入的建筑信息匹配，据此提供不同能耗指标和分析结果的显示。单位土地面积能耗分析、单位建筑面积能耗分析、分时、分区能源消耗对比分析可通过图表形式显示分析结果。同时系统可对人均耗能进行分析，以及导入国家标准的能耗指标等信息，与本企业的能耗指标进行比较分析，并以柱状图显示比较结果。

(9)报警管理功能

系统报警管理的对象包括设备运行状态和能耗指标。系统监测的设备包括电表、蒸汽、煤供应系统等系统，当所监测的设备处于异常工作状态情况下，系统将自动发出报警信息并记录。系统的各个耗能单元可设置其耗能指标阈值，一旦耗能单元的能耗值超过该指标，系统将自动发出报警信息并记录。

(10)数据上报管理功能

系统可按住建部《国家机关办公建筑及大型公共建筑分项能耗数据传输技术导则》及其它上报规定将能耗数据向上级平台传输。系统内配置上传地址(多服务器支持)、上传端口号、上传周期、断点续传周期等基本信息，并可对上报文件格式进行调整。

(11)用户管理功能

系统可对多级用户权限管理进行设置。

通过对系统架构和系统功能的分析设计出能耗监测系统，图 5 即为系统的实时监控数据图的界面显示。



图 5　建筑能耗实时监控数据

4　结论

大型公共建筑作为我国能源产品的重要消费者，其节能具有重要意义。本文以国博为研究案例，通过对国博中心的分项能耗分析，运用 BIM 技术对国博的建筑热工性能、照明系统和空调系统耗能进行统计，通过对结果的分析得出国博中心能耗量的监测方向，并基于该分析设计能耗监测系统。

能耗监测系统的设计宗旨是为了监测国博各个用能系统能耗情况，根据监测结果调整节能管理方案。本文设计了能耗监测系统的基本功能和系统架构，旨在构建可靠性强、效率高、共享度高的能耗数据库，建立能耗监测、统计、公示平台。以建筑节能为研究核心思想，设计能耗监测系统，促进建筑业节能与信息化的融合，为建筑业节能的发展研究具有一定的借鉴价值。

参考文献

[1] http://www.ccin.com.cn/ccin/syxw/8026600.html. 中国化工报.

[2] 雷磊. 浅谈公共大型建筑中的建筑节能的研究[J]. 科技展望, 2015, 16: 41.

[3] 屠庆波，王霄燕，曾大林等. 基于 BIM 的变电站工程图形算量系统研究[J]. 工程管理学报，2015，02：111-115.

[4] National Institute of Building Sciences, United States National Building Information Modeling Standard, Version1-Part 1[R].

[5] Mohamed Marzouk, Ahmed Othman. Modeling the performance of sustainable sanitation systems using building information modeling[J]. Journal of Cleaner Production, 2017, 141.

[6] 张建平，王洪钧. 建筑施工 4D + +模型与 4D 项目管理系统的研究[J]. 土木工程学报，2003，36(3)：70-78.

[7] 赵昂. BIM 技术在计算机辅助建筑设计中的应用初探(硕士学位论文)[C]. 重庆:重庆大学，2006.

[8] 孙峻，李明龙，李小凤. 业主驱动的 BIM 实施模式研究[J]. 土木工程与管理学报，2013(3)：80-85.

[9] 李恒，郭红领，黄霆等. BIM 在建设项目中应用模式研究[J]. 工程管理学报，2010(5)：525-528.

[10] Jalaei F, Jrade A. Integrating BIM with Green Building Certification System, Energy Analysis, and Cost Estimating Tools to Conceptually Design Sustainable Buildings[J]. Electronic Journal of Information Technology in Construction, 2014, 19(5): 140-149.

[11] 薛志峰，江亿. 北京市《公共建筑节能评审标准》简介[J]. 暖通空调. 2005，05：46-63.

[12] 苏晓峰. 大型公共建筑能耗监测、模型及管理信息系统研究[D]. 西安建筑科技大学，2013.

[13] 唐桂忠，张广明. 公共建筑能耗监测与管理系统关键技术研究[J]. 建筑科学，2009，10：27-30.

[14] Liang Zhao, Jili Zhang, Ruobing Liang, Lixian Zhang. Data Acquisition and Transmission System for Building Energy Consumption Monitoring[J]. Abstract and Applied Analysis, 2013.

[15] Allan Hani, Teet-Andrus Koiv. Energy Consumption Monitoring Analysis for Residential, Educational and Public Buildings[J]. Smart Grid and Renewable Energy, 2012(3).

The Design of Energy Consumption Analysis and Monitoring System for Public Building based on BIM Technology

Wang Mudan[1], Zhu Yuyang[2], Wu Yuanming[1]

(1. *School of Civil Engineering and Mechanics, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan* 430074, *China*; 2. *No.* 3 *High School of WISCO, Wuhan* 430080, *China*)

Abstract: In order to promote the development of energy-saving construction industry in our country and solve the current situation of large amount of energy consumption of public building, the current situation of BIM technology application has been reviewed. Based on the application of BIM technology, to analyze the separate energy consumption of the public buildings by the DeST software which is a kind of building thermal environment simulation tools. Then, statistical results could be produced, those are for the thermal performance, lighting system and air conditioning system, which can point out the direction of designing the energy consumption monitoring system. Based on the analysis of statistical results, it could be concluded that the overall energy consumption of the building is enormous, which needs real-time monitoring. Accordingly, to design the basic functions and system architecture of the energy consumption monitoring system from three aspects. The design is aimed at building a reliable, efficient and sharing energy consumption database for the energy consumption monitoring system. To establish the platform of energy consumption monitoring, the statistics and the publicity could promote the application of BIM technology in the building energy-saving, which has some reference value to research.

Key Words: Public Building Energy Consumption; BIM Technology; Energy Consumption Analysis; Energy Consumption Monitoring System